

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-008273  
(43)Date of publication of application : 10.01.1997

(51)Int.CI. H01L 27/15  
G02B 6/122  
H04B 10/28  
H04B 10/02  
// H01L 31/0232

(21) Application number : 07-154516

(71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP <NTT>

(22) Date of filing : 21.06.1995

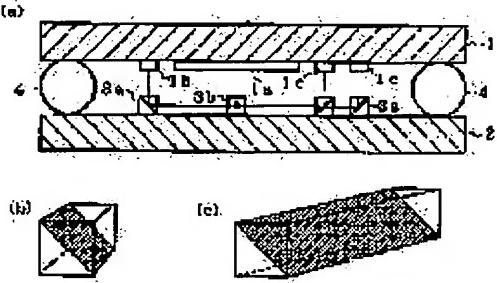
(72)Inventor : TAMECHIKA EMI  
KOMATSU KAZUHIKO  
AKITANI HIDEO  
KURAKI OKU  
MACHIDA KATSUYUKI

## (54) OPTICALLY COUPLED INTEGRATED CIRCUIT

(57) Abstract:

**PURPOSE:** To reduce the mounting size of a light connecting integrated circuit without increasing the manufacturing cost of the circuit.

**CONSTITUTION:** Optical signals emitted from an LS 1b which is a light emitting element are made incident to a flat substrate 2 nearly perpendicularly and the course of the signals is changed by means of an optical element 3a on the substrate 2 to a direction which is parallel or nearly parallel to the substrate 2. Thereafter, the optical signals are propagated in a plane which is parallel or nearly parallel to the substrate 2 while the optical signals are repeatedly changed in course and branched by means of an optical element 3b at need.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 03.03.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application

converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-8273

(43)公開日 平成9年(1997)1月10日

(51)Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	府内整理番号	F I	技術表示箇所
H 01 L 27/15		8832-4M	H 01 L 27/15	C
G 02 B 6/12			G 02 B 6/12	A
H 04 B 10/28			H 04 B 9/00	W
10/02			H 01 L 31/02	D
// H 01 L 31/0232				

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 10 頁)

(21)出願番号 特願平7-154516

(22)出願日 平成7年(1995)6月21日

(71)出願人 000004226  
日本電信電話株式会社  
東京都新宿区西新宿三丁目19番2号  
(72)発明者 為近 恵美  
東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日本電信電話株式会社内  
(72)発明者 小松 一彦  
東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日本電信電話株式会社内  
(72)発明者 秋谷 秀夫  
東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日本電信電話株式会社内  
(74)代理人 弁理士 山川 政樹

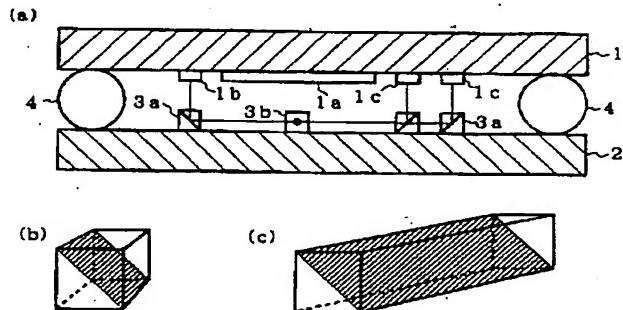
最終頁に続く

(54)【発明の名称】光接続集積回路

(57)【要約】

【目的】 製造コストを上げることなく、実装寸法を小さくできるようにすることを目的とする。

【構成】 発光素子である LD 1 b から出射された光信号は、平坦基板 2 にほぼ垂直に入射し、この上の光学素子 3 a によって平坦基板 2 に平行あるいはほぼ平行な向きに進路を変更される。その後、その光信号は、平坦基板 2 とほぼ一定の距離を保った状態で、必要に応じて光学素子 3 b により、進路変更や分岐を繰り返しつつ、平坦基板 2 に平行あるいはほぼ平行な平面上を伝搬していく。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】互いに直交する3つの面とそれらいずれかの面に平行な面とからすくなくとも構成され、加えてその平行に向かい合う2つの面に直交し、他の面とは所定の角度に設定された反射面を有する透明体からなる第1、第2の反射光学素子と、

前記第1、第2の反射光学素子が配置される平坦な面を有する平坦基板と、

前記平坦基板に対向する平面に、光接続するための光信号を出力する発光部を有する第1の集積回路および光接続するための光信号を入力する受光部を有する第2の集積回路を配置した集積回路基板とを備え、

前記第1の反射光学素子が、前記第1の集積回路の発光部から出射された光信号を前記平坦基板の平坦な面に平行な光路とし、

前記第2の反射光学素子が、前記平坦基板の平坦な面に平行な光路となっている光信号を、前記第2の集積回路の受光部に入射するように変更することで、前記第1と第2の集積回路間を光接続していることを特徴とする光接続集積回路。

【請求項2】請求項1記載の光接続集積回路において、互いに直交する3つの面とそれらいずれかの面に平行な面とからすくなくとも構成され、加えてその平行に向かい合う2つの面に直交し、他の面とは所定の角度に設定された反射面を有し、前記平坦基板の平坦な面に平行な平面内で90°光路の方向を変更する透明体からなる第3の反射光学素子を備え、

前記平坦基板の平坦な面上で、前記第1および第2の反射光学素子が配置される全ての点が格子点上となるような仮想的な格子の所定の格子点に、前記第3の反射光学素子を配置することで、

前記第1と第2の集積回路間を光接続していることを特徴とする光接続集積回路。

【請求項3】請求項1または2記載の光接続集積回路において、互いに直交する3つの面とそれらいずれかの面に平行な面とからすくなくとも構成され、加えてその平行に向かい合う2つの面に直交し、他の面とは所定の角度に設定され入射する光の一部を透過する半反射面を有する透明体からなる分岐光学素子を備え、

前記平坦基板の平坦な面上で、前記第1および第2の光学素子が配置される全ての点が格子点上となるような仮想的な格子の所定の格子点に前記分岐光学素子を配置することで、前記第1と第2の集積回路間を光接続していることを特徴とする光接続集積回路。

【請求項4】請求項1～3いずれか1項記載の光接続集積回路において、

前記第1～第3の反射光学素子および分岐光学素子は、

その外形が直方体であり、その反射面もしくは半反射面と直交する2面が正方形であることを特徴とする光接続集積回路。

【請求項5】請求項4項記載の光接続集積回路において、前記第1～第3の反射光学素子および分岐光学素子が複数合体して1つのユニットとなっていることを特徴とする光接続集積回路。

【請求項6】請求項1～5いずれか1項記載の光接続集積回路において、

前記第1～第3の反射光学素子および分岐光学素子は、その大きさが規格化されていることを特徴とする光接続集積回路。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】この発明は、複数の集積回路素子相互や素子内における光接続用の光学基板、及び、それら光接続された光接続集積回路に関する。

## 【0002】

【従来の技術】半導体集積回路技術の進展により、通信やコンピュータの分野をはじめとして、映像・音声処理などの各種の情報機器分野の電子システムにおいて、様々な機能と規模の集積回路チップが多量に用いられている。社会の高度情報化が進行しつつある中で、とりわけマルチメディア環境への要求が高まっており、より高速、より大量の信号・情報処理が求められている。このような情報処理を行う電子システム全体の処理能力を向上させるには、それを構成する集積回路チップ自体の高性能化が必須である。

【0003】この要求を満たすためのチップでは、素子の微細化によって高速化を追求する一方、搭載素子の増加によって処理能力の拡大を図ってきた。また、チップの高性能化とともに、チップ間で大量のデータを高速にやりとりする必要があり、高速で大容量のチップ間相互接続を実現する努力がなされてきた。これは、実装基板上のチップ間の電気配線を、可能な限り短縮すると同時に、チップの入出力端子数を増大して、できるだけ多数の配線により一括して大量のデータを伝送することを実現される。

【0004】マルチチップモジュール(MCM)は、このような要求を満たすものとして注目されている。しかし、このMCMにおいても、配線密度を上げるために、配線を微細にしてかつ狭間隔にしていくと、配線抵抗が増大すると同時に、配線間の浮遊容量も増大していく。結果的に負荷インピーダンスが大きくなってしまって、その充放電のために信号の遅延増、入出力回路の消費電力増を引き起こす。

【0005】配線負荷は、配線長が短縮されれば減少するが、システムの高速化にともなうチップ寸法の拡大、チップ数の増大のための総配線長は長くなる一方で、平

3

均長が必ずしも短くならないのが実際である。また、高密度配線では、配線間で信号のクロストークが生じやすく、これは高速の信号ほど、また、配線の間隔が短いほど顕著になる。これらは、電気配線に特有な問題であり、根本的な解決は困難である。

【0006】以上の問題を回避して一層の高速大容量相互接続を実現するために、光を用いたチップ間相互接続が期待されている。これまでいくつかの方法が提案されているが、図9は、その一例を示す斜視図であり、ホログラムなどの光学素子を用いて任意の点間を接続するものである（文献1：L.A.Bergman, W.H.Wu, A.R.Johnston, and R.Nixon, "Holographic optical interconnects for VLSI," Optical Engineering, Vol. 25, No. 10, 1109, 1986）。

【0007】この方法では、まず、集積回路素子112、駆動回路114やレーザーダイオード115、フォトダイオード113などの発光・受光素子を同一基板の平面上におく。そして、これらの面から一定間隔隔てて平行に反射面111を設け、その上にホログラム素子（図示せず）を配置する。ここで、ホログラム素子は、入射した光を入射角と異なる任意の角度で反射するものである。そして、素子面（レーザーダイオード115）から発射された光をホログラム素子により偏向させて、素子面上の任意の点にある受光素子（フォトダイオード113）に向けて反射することにより信号を伝達する。

【0008】また、この変形として図10のような構成とした光伝送によるMCMの構造が提案されている（文献2：M.R.Feldman, J.E.Morris, I.Turlik, P.Magill, G.A.dema, and Y.A.Raja, "Holographic Optical Interconnects for VLSI Multichip Modules," IEEE Trans. Components, Packaging, and Manufacturing Tech.-B, Vol. 17, No. 2, 223, 1994）。図10は、光伝送によるMCMの構成を示す断面図であり、121は基板、122は基板121上に配置された光受光部を備えた集積回路素子、123は発光素子、124は発光素子123より出射した光を受けて所定の方向に出射するホログラム素子、125はホログラム素子124が配置され、基板121に対向して配置される透明な平坦基板、126は平坦基板125に対向して配置された平板反射鏡である。

【0009】この場合、例えば、図中一番左の発光素子123より出射した光信号は、その上のホログラム素子124を介することで所定の方向に曲げられて平板反射鏡126で反射する。この反射した光信号は、平坦基板125上の反射用ホログラム素子126aを反射して、再び平板反射鏡126を反射し、図中一番右端のホログラム素子124を介し、ここで偏向され、その下の集積回路素子122の光受光部に入射する。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】しかし、上述した方法では、まず第1に、実装寸法が大きくなるという問題があ

った。つまり、接続距離を大きくしようとすれば面間の距離を大きくしなければならず、大規模なシステムを構成しようとすると、実装寸法において面積のみならず厚さまでもが増大してしまう。

【0011】ここで、図10の方法によれば、この点に関してはその問題を、図9の方法に比べて多少は回避することができる。図10の方法によれば、接続高さを空間的に折り返すことによって、すなわちホログラム面と反射面との反射を繰り返すことによって容積を小さくできるからである。しかしながら、図10の方法においても、ホログラム面と反射面との現実的な距離は2cm以上とまだ大きい。

【0012】第2の問題点は、光量の損失が大きいということである。図10の方法では、厚みを増さずに接続距離を長くとろうとすると、反射回数が増加することになる。一般的に計算機ホログラム素子の回折効率は高くなく、入射光量の数十パーセントが無効になる。このため、何度もホログラム素子で反射することによって極端に光信号強度が落ちてしまう。

【0013】一方、これに対して、反射回数を減らすために、ホログラムの回折角度を大きくすることが考えられる。しかし、このためにはホログラムパターンの最小ピッチを小さくする必要があり、1個のホログラムあたりの回折効率はさらに低くなる。結果として、光の伝送効率は上がらない。そして、回折効率を向上させるためには、ホログラムパターンの位相差のステップを何段階にも細かく設定する必要があり、高度な微細加工技術を使うことになるので加工コストが増大する。

【0014】さらに、ホログラム素子の波長分散性による効率低下がある。同一のホログラムでも入射光波長が異なれば回折角は異なる。このため、もし発光素子の波長変動が生じると、偏向された光が到達する位置が、受光素子面の中心から外れてしまい、受光量の損失が生じることがある。波長変動の影響を小さくするためには、複数のホログラムを組み合わせることなどが必要となるが、総合すると効率は低下し、製造コストも高くなる。

【0015】第3の問題点は、任意点間の最適化に手間がかかり、任意点間の接続を実現する部品の全部あるいは一部が規格化されていないために、コスト高になることがある。すなわち、数カ所にある発光素子と数カ所にある受光素子をそれぞれ接続しようとする場合、従来では個々の接続パスに応じた回折角、回折方向を考慮してホログラム素子を設計し直して、最適化しなければならなかった。複雑な回路接続を実現する最適なホログラムパターンを得るには、多量のデータからなる計算を多数回にわたって繰り返すことになり、長大な計算時間を必要とする。このように、従来では、複雑な最適化を必要とし、結果的に製造コストを上昇させることにつながる。

【0016】この発明は、以上のような問題点を解消す

るためになされたものであり、製造コストを上げることなく、実装寸法を小さくできるようにすることを目的とする。

#### 【0017】

【課題を解決するための手段】この発明の光接続集積回路は、互いに直交する3つの面とそれらいずれかの面に平行な面とからすくなくとも構成され、加えてその平行に向かい合う2つの面に直交し、他の面とは所定の角度に設定された反射面を有する透明体からなる第1、第2の反射光学素子と、その第1、第2の反射光学素子が配置される平坦な面を有する平坦基板と、平坦基板に対向する平面に光接続するための光信号を出力する発光部を有する第1の集積回路および光接続するための光信号を入力する受光部を有する第2の集積回路を配置した集積回路基板とを備える。そして、第1の反射光学素子が、第1の集積回路の発光部から出射された光信号を平坦基板の平坦な面に平行な光路とし、第2の反射光学素子が、平坦基板の平坦な面に平行な光路となっている光信号を、第2の集積回路の受光部に入射するように変更することで、第1と第2の集積回路間を光接続していることを特徴とする。また、互いに直交する3つの面とそれらいずれかの面に平行な面とからすくなくとも構成され、加えてその平行に向かい合う2つの面に直交し、他の面とは所定の角度に設定された反射面を有し、平坦基板の平坦な面に平行な平面内で90°光路の方向を変更する透明体からなる第3の反射光学素子を備え、平坦基板の平坦な面上で、第1および第2の反射光学素子が配置される全ての点が格子点上となるような仮想的な格子の所定の格子点に、第3の反射光学素子を配置することで、第1と第2の集積回路間を光接続していることを特徴とする。また、互いに直交する3つの面とそれらいずれかの面に平行な面とからすくなくとも構成され、加えてその平行に向かい合う2つの面に直交し、他の面とは所定の角度に設定された半反射面を有する透明体からなる分岐光学素子を備え、平坦基板の平坦な面上で、第1および第2の光学素子が配置される全ての点が格子点上となるような仮想的な格子の所定の格子点に分岐光学素子を配置することで、第1と第2の集積回路間を光接続していることを特徴とする。

#### 【0018】

【作用】光信号は、平坦基板上に配置された単純な形状の光学素子により、平坦基板上をその平坦な面に平行な状態で伝搬することで、集積回路間を光接続する。

#### 【0019】

【実施例】以下この発明の1実施例を図を参照して説明する。

実施例1. 図1は、この発明の1実施例における光接続集積回路の構成を示す断面図である。同図において、1は集積回路基板、1aは集積回路チップ、1bは光信号を送り出すレーザーダイオード(LD)、1cは光信号

を受けるフォトダイオード(PD)ドである。

【0020】また、2は光接続用の平坦基板、3aは全反射する反射面が平坦基板2と45°の角度をなすように配置された微小な光学素子、3bは半反射する反射面が平坦基板2と90°の角度をなすように配置され、平坦基板2と平行な平面上で光路を分歧変更するための微小な光学素子である。そして、4は集積回路基板1と平坦基板2を所定の間隔でつなぎ合せているハンダバンプである。

10 【0021】光学素子3aは、集積回路チップ1aに接続する集積回路基板1上のLD1b、PD1cの位置に合わせて、平坦基板2上に配置されている。図1

(b)、(c)は、光学素子の1例を示す斜視図である。図1(b)は、ある向かい合う面の対角線を通る対角面(ハッキング部分)にミラーもしくはビームスプリッタを配置し、透明な材料から構成された立方体の光学素子である。なお、透過と反射を1:1としたビームスプリッタがハーフミラーである。

【0022】また、図1(c)は、向かい合う正方形の

20 面の対角線を通る対角面(ハッキング部分)を反射面とし、透明な材料から構成された直方体の光学素子である。この透明な材料は、合成石英あるいは溶融石英等の石英ガラスもしくはBK7等のガラス材料であればよい。

【0023】また、平坦基板2は集積回路基板1とは、フリップチップボンディング等の手法により、互いに向かい合って配置している。なお、LD1bより出射する光は広がり角を持っており、実際には平行光にするか集光する必要がある。しかし、ここでは簡単のため、これらの手段に関しては省略して説明する。

30 【0024】発光素子であるLD1bから出射された光信号は、平坦基板2にほぼ垂直に入射し、この上の光学素子3aによって平坦基板2に平行あるいはほぼ平行な向きに進路を変更される。その後、その光信号は、平坦基板2とほぼ一定の距離を保った状態で、必要に応じて光学素子3bにより、進路変更や分岐を繰り返しつつ、平坦基板2に平行あるいはほぼ平行な平面上を伝搬していく。そして、光信号は、最終的に接続すべき受光素子であるPD1cの真下に配置された光学素子3aにより、平坦基板2にほぼ垂直な方向に進路を変更され、集積回路基板1上のPD1cに入射する。

40 【0025】このように光信号が基板に平行あるいはほぼ平行な平面上を伝搬する構成にすると、光信号の伝搬距離が長くなってしまっても、集積回路基板1と光接続のための平坦基板2の間隔を拡げる必要が無い。そして、結果としてシステム全体の実装寸法を小さく抑えることができる。また、ミラーなどの反射光学系や、ハーフミラー等の半反射分岐光学系を内包する光学素子は、光信号の進路を変えたり分岐するためだけに用いればよい。すなわち、長距離を伝搬させるために反射や屈折を繰り返すと

いうことがないので、上述した実施例において、長距離の伝搬においても伝搬効率が低下するというデメリットはない。

【0026】図2は、図1の平坦基板2およびその上に配置された光学素子3a-1～3a-3, 3b'-1, 3b-2, 3b'-3の構成を示す平面図である。図2は、平坦基板2上に仮想的に配置された格子の格子点上に、形と大きさを統一した（規格化した）立方体の光学素子3a-1～3a-3、および光学素子3b'-1, 3b-2, 3b'-3のみを配置した状態を示している。図中点線で示す格子は、集積回路基板におけるLDおよびPDが、その格子点上に配置するように設計されたものである。そして、図2においては、LDが光学素子3a-1上に配置し、PDが光学素子3a-2と光学素子3a-3との間に配置されていることになる。

【0027】図2の光学素子3a-1～3a-3は、反射面が平坦基板2表面と45°の角度をなすように配置している。すなわち、図1(b)に示す状態で、その底面が平坦基板2表面に接するように配置する。また、全反射面を有する光学素子3b'-1, 3b'-3および半反射面を有する光学素子3b-2は、反射面もしくは半反射面が平坦基板2表面と90度の角度をなすように配置している。すなわち、図1(b)に示す状態で、その手前の面が平坦基板2表面に接するように配置する。

【0028】図2において、実線の矢視線が、光信号の進路を示している。図2には示していないLDより出射された光信号は、平坦基板2に対して垂直に、光学素子3a-1に入射し、その反射面で反射して平坦基板2と平行に進路を変える。平坦基板2表面と平行になった光信号は、光学素子3b'-1に入射して90°方向を変え、光学素子3b-2に入射する。光学素子3b-2に入射した光信号は、その半反射面で直進する光信号と90°方向を変える光信号とに分岐される。

【0029】ここで、直進する光信号は、光学素子3b'-3でその方向を90°変えて光学素子3a-3に入射し、その反射面で平坦基板2平面に対して90°進行方向を変えて、この上に配置する図示していないPDに入射する。また、光学素子3b-2で90°進行方向を変えた光信号は、光学素子3a-2に入射し、その反射面で平坦基板2平面に対して90°進行方向を変えて、この上に配置する図示していないPDに入射する。以上のことにより、集積回路基板上のLDからPDへの光接続が実現される。

【0030】このように、集積回路基板のLDより出射された光信号は、すぐにその進路を変更し、この集積回路基板平面に平行な状態となる。そして、その光信号は、集積回路基板平面に平行な平面上を伝搬していくので、伝搬先が非常に離れていたとしても、集積回路基板と平坦基板との間隔を広げる必要はない。すなわち、この実施例によれば、システム全体の厚みを増すことな

く、同一基板上でのチップ間の光信号による長距離の接続が可能になる。

【0031】また、平坦基板上に配置した光学素子により、集積回路基板平面に平行に伝搬している光信号の進行方向を変更するようにしている。この光学素子は、上述したように、同じ大きさで、その反射面の状態が全反射するか半反射するかの2種類を用意するだけでよく、これらで光信号の分割や進路変更が容易に行える。このように、光学素子の種類が少なく、大量に部品を製造できるので、製造コストを下げることができる。また上述では、光学素子の大きさを統一するようにしており、これに限るものではないが、大きさを統一するようにすれば、光学素子を量産するときに有効である。

【0032】なお、上述では最も簡単な例で説明したが、図1(c)に示したように、光学素子は立方体である必要はない。図1(c)に示す直方体の光学素子を用いるようにしても、上述と同様であることはいうまでもない。ところで、上記実施例においては、光信号の進路変更のためには、例えば、ミラーを用いればよい。ミラーの反射効率は現状技術で、広帯域の反射率でも98%、誘電体多層膜をコートした狭帯域反射率では100%が得られている。

【0033】また、光信号を分岐するためには、ビームスプリッタを用いるようにしているが、このビームスプリッタにおいても、誘電体多層膜によるものは、ほとんど光学的な損失がない。どちらも、直角2等辺3角形を底面とする3角柱を立方体型となるように貼り付けることで形成できるが、この張り合わせに用いる接着剤による光の吸収、反射ロスが1%程度あるとしても、5回の反射で95%、10回の反射でも90%の効率が得られる。

【0034】これらに対して、ホログラフィック光学素子を利用した場合、効率はホログラムの形式により異なるが、振幅型（吸収型）の最高回折効率は10%にも満たない。また、位相型を用いても実質的に90%以上の回折効率を得るのは難しいのが現状である。したがって、上記実施例によれば、ホログラフィック素子を用いた従来の光接続に比べて、光の伝搬損失が少ないという利点がある。

【0035】実施例2. ところで、上記実施例では、説明を簡単にするため、光信号の伝送路の構成に単純な例を用いたが、これに限るものではない。光信号を出射するLD（発光素子）や光信号を受けるPD（受光素子）がより多く配置された集積回路基板に対応させることも可能である。また、光信号を3つ以上分岐することも可能である。

【0036】図3は、この発明の第2の実施例における平坦基板、および、その上に配置された光学素子の構成を示す平面図である。同図において、平坦基板2上に配置された光学素子3a-1～3a-9は、図2における

光学素子 3 a - 1 ~ 3 a - 3 と同様であり、光学素子 3 b - 1 ~ 3 b - 4 は、図 2 における光学素子 3 b - 2 と同様である。そして、光学素子 3 c - 1 は、その半反射面を透過量：反射量 = 1 : 2 とした光学素子である。

【0037】光学素子 3 a - 1 および光学素子 3 a - 2 の位置に対向する集積回路基板上には、それぞれ LD が配置され、この 2 つの発光素子から発せられた光信号はそれぞれ直角反射機能を持つ光学素子 3 a - 1 および 3 a - 2 に入射する。まず、光学素子 3 a - 1 に入射した光信号は、進路を直角に変更され、光信号を分岐する光学素子 3 c - 1 に入射する。

【0038】光学素子 3 c - 1 で直交する 2 方向に分かれた光信号の一方は、そのまま光学素子 3 a - 3 に入射して、平坦基板 2 に直角な方向に進路を変更され、図示していない集積回路基板の信号受光部である PD に入射する。光学素子 3 c - 1 を出たもう一方は、光学素子 3 b - 1 に入射してさらに 2 分岐され、それぞれ光学素子 3 a - 4, 3 a - 5 により、平坦基板 2 に直角な方向に進路を変更され、集積回路基板上の対応する PD に入射する。

【0039】また、もう 1 つの LD より発せられた光信号は、光学素子 3 a - 2 に入射し、進路を直角に変更され、光学素子 3 b - 2 に入射する。そして、この光学素子 3 b - 2 で、直進する光信号と 90° 進行方向を変えた信号光とに分岐され、それぞれ、光学素子 3 b - 4, 3 b - 3 に入射する。そして、入射したそれぞれの光信号は、また分岐され、光学素子 3 a - 8, 3 a - 9 および光学素子 3 a - 6, 3 a - 7 に入射する。そして、光学素子 3 a - 6, 3 a - 7, 3 a - 8, 3 a - 9 において、入射した光信号は、平坦基板 2 表面に垂直な方向へ進路を変更され、集積回路基板上の対応する PD に入射する。

【0040】ところで、この実施例においては、光学素子 3 b - 2 で分岐された光信号は、それぞれ再度分岐されることになる。このため、集積回路基板上の PD に到達する時点では、もとの光信号の 4 分の 1 程度の強度となってしまう。このため、光学素子 3 a - 2 に光信号を発信する LD は、その光信号出力の強度を強めに設定した方がよい。

【0041】また、この実施例においては、光学素子 3 c - 1 で分岐された光信号は、その進路を 90° 変更されたものが、光学素子 3 b - 1 で再度分岐される。しかし、直進する成分はそれ以上分岐されない。このため、光学素子 3 c では、前述したように、半反射面を透過量：反射量 = 1 : 2 とし、光学素子 3 a - 3 ~ 3 a - 5 より出射する光信号の強度が均一となるようにする。

【0042】ここで、光学素子 3 c を透過量：反射量 = 1 : 1 とすると、光学素子 3 a - 3 ~ 3 a - 5 より出射する光信号の強度が不均一となり、光学素子 3 a - 4, 3 a - 5 から出射する光信号の強度がもとの 4 分の 1 程

度の強度となってしまう。しかし、上述したように、半反射面を透過量：反射量 = 1 : 2 としているので、光学素子 3 a - 3 ~ 3 a - 5 より出射する光信号の強度は、もとの光信号の 3 分の 1 程度となる。したがって、前述したものとの光信号の 4 分の 1 となる場合に比較して、もとの信号強度の増加量を小さくできる。

【0043】以上示したように、この実施例 2 によれば、ミラー、ハーフミラー、ビームスプリッタを用い、大きさ形状が同一の光学素子を用いるようにしている。

10 このため、前述した実施例 1 と同様に、製造コストを増大させることなく、様々な経路の光信号伝達に対しても対応できる。

【0044】実施例 3. ところで、上記実施例では、対角面に反射面を設けた立方体、直方体の光学素子を用いるようにしたが、これに限るものではない。光信号の進路を変更する光学素子としては、透明材料を用いた直角 2 等辺 3 角形を底面とした 3 角柱を用いてもよい。そして、この 3 角柱の側面の中で最も広い面積の平面に反射面を形成する。図 4 は、その 3 角柱形状の光学素子を用いた、この発明の第 3 の実施例における平坦基板およびその上に配置された光学素子の構成を示す平面図および断面図である。

【0045】同図において、平坦基板 2 上には、前述と同様に、仮想的に配置された格子の格子点上に、上述した 3 角柱形状の光学素子 3 d - 1 ~ 3 d - 3, 3 e - 1, 3 e - 2 が配置されている。なお、3 b - 2 は立方体形状の光学素子であり図 2 と同様である。これら、光学素子の配置による光信号の進路は、図 2 に示した状態と同様である。

30 【0046】すなわち、図 4 には示していない LD より出射された光信号は、平坦基板 2 に対して垂直に、光学素子 3 d - 1 に入射し、その反射面で反射して平坦基板 2 と平行に進路を変える。平坦基板 2 表面と平行になった光信号は、光学素子 3 e - 1 に入射して 90° 方向を変え、光学素子 3 b - 2 に入射する。光学素子 3 b - 2 に入射した光信号は、その半反射面で直進する光信号と 90° 方向を変える光信号とに分岐される。

【0047】ここで、直進する光信号は、光学素子 3 e - 2 でその方向を 90° 変えて光学素子 3 d - 3 に入射し、その反射面で平坦基板 2 平面に対して 90° 進行方向を変えて、この上に配置する図示していない PD に入射する。また、光学素子 3 b - 2 で 90° 進行方向を変えた光信号は、光学素子 3 d - 2 に入射し、その反射面で平坦基板 2 平面に対して 90° 進行方向を変えて、この上に配置する図示していない PD に入射する。以上のことにより、集積回路基板上の LD から PD への光接続が実現される。

【0048】この実施例においては、光信号の進行方向を変更する箇所において、3 角柱形状の光学素子 3 d - 1 ~ 3 d - 3, 3 e - 1, 3 e - 2 を用いるようにし

た。この中で、光学素子 3 d - 1 ~ 3 d - 3 は、平坦基板 2 に入ってくる光信号を平坦基板 2 平面に平行にする、もしくは、平坦基板 2 平面上を平行に進行している光信号を、平坦基板 2 平面に対して垂直方向に出射させるために用いる。このときは、光信号を空气中から直接斜面で反射する配置とした。また、光学素子 3 e - 1, 3 e - 2 は、平坦基板 2 平面上で光信号の進行方法を変更するために用い、内部全反射を利用した配置とした。光学素子の規格化という観点からは、3 角柱形状は全て同じ形同じ大きさで、その斜面には全てミラーコートをあらかじめ施しておき、適宜置き方を変えて使えばよい。

【0049】ところで、この実施例においては、光信号を分歧する格子点では、図 2 と同様に、光学素子 3 b - 2 を用いるようにしている。光学素子 3 b - 2 を用いることで、透過する光信号と反射する光信号とが、そのハーフミラー形成面より出射した先の媒体の屈折率が変わることがない。ここで、光学素子 3 d - 1 の反射面にハーフミラーを形成した場合、光学素子 3 b - 2 とほぼ同様の動きをするが、これを用いると、透過する光信号にとっては、ハーフミラー一面を境に、媒体の屈折率が変わることになり、その進路がずれることになる。このため、光信号を分歧する場合は、半反射面が内包されている光学素子を用いる方がよい。

【0050】以上示したように、この実施例においては、2種類の異なる形状の光学素子を用いるようにしているが、3 角柱形状の光学部品の方が製造しやすいこともあり、製造コストの面からは、前記実施例より有利な場合がある。

【0051】実施例 4. なお、上記実施例 3 においては、直角 2 等辺 3 角形を底面とする 3 角柱形状の光学素子を用いるようにしたが、これに限るものではない。図 5 は、この実施例 4 における光学素子の形状を示す斜視図である。図 5 (a), (b) は、底辺が 60° と 30° と 90° から構成された直角 3 角形となっている 3 角柱形状の光学素子である。

【0052】このような光学素子を用いれば、光信号を伝搬する平坦基板に対して、垂直でない角度より入射する光信号に対しても対応することができる。例えば、入射する光信号を平坦基板平面に平行にする光信号の入り口となる光学素子の真上に、集積回路基板の LD が配置されていない、それらの位置関係がずれていても、上述した光学素子を用いれば、入射する光信号を平坦基板平面に平行にできる。

【0053】これは、発光素子である LD や受光素子 PD が密集していて、各素子の真下に光学素子が配置できない場合などに対応すればよい。そして、3 角柱形状の底面の直角 3 角形の直交する辺に対する斜辺の角度を、各々の配置に応じて 30° から 60° の間で設定すればよい。この場合、その角度を連続的に可変とすると

なく、例えば 5° 刻みに設定し、それぞれ製造するようすれば、光学素子の種類が極端に増えすぎることはない。なお、光信号を斜めに飛ばすことによるビーム形状のゆがみや、それによる光強度の損失を抑えるため、光信号の平坦基板に対する入射角度は、平坦基板面への垂線からの開き角が 30° 以内となるようにすればよい。

【0054】また、図 5 (c) は、底面が 5 角形の柱状形状とした光学素子である。この場合、辺 AB と辺 EA は、長さが等しく直交している。また、辺 BC と辺 ED はその延長線が 45° の角度をなして交わる。また、角 ABC と角 DEA は等しい。そして、辺 BC と辺 DE に接する長方形の面に、それぞれ反射面を形成してある。

【0055】この光学素子を用いれば、辺 AE に接する長方形の面より入射した光信号は、辺 BC に接する長方形の面で反射して辺 ED に接する長方形の面に入射する。この反射した光信号は、辺 ED に接する長方形の面で反射して、辺 AB に接する長方形の面より出射していく。そして、この光学素子においては、辺 AE に接する長方形の面より入射して辺 BC に接する長方形の面で反射する光信号の進路と、辺 AB に接する長方形の面より出射していく光信号の進路とは、必ず 90° をなしている。このように、入射角によらずに光信号を直角に曲げることから、この光学素子を用いた場合、配置の位置精度が要求されないというメリットがある。

【0056】実施例 5. ところで、上記実施例においては、隣り合う格子点に配置される光学素子同士は、接しないようにしているが、これに限るものではない。図 6 は、この発明の実施例 5 における平坦基板およびその上に配置された光学素子の構成を示す平面図である。同図において、平坦基板 2 上に配置された光学素子 3 f - 1 ~ 3 f - 9 は、図 3 における光学素子 3 a - 1 ~ 3 a - 9 と同様であり、光学素子 3 g - 1 ~ 3 g - 4 は光学素子 3 b - 1 ~ 3 b - 4 と同様である。そして、光学素子 3 h - 1 は、図 3 の光学素子 3 c - 1 と同様であり、その半反射面を透過量：反射量 = 1 : 2 とした光学素子である。そして、各光学素子の平坦基板 2 上の仮想的な格子の格子点における配置も、図 3 と同様である。

【0057】ただし、この実施例における光学素子は、その 1 辺が平坦基板 2 上の仮想的な格子の 1 辺の長さに等しい立方体形状としている。すなわち、例えば、光学素子 3 f - 8, 3 f - 9 はそれぞれ光学素子 3 g - 4 に隣接するものとなっている。この実施例のように、光学素子は、その大きさが平坦基板上に形成される仮想的な格子以下の大きさであれば良く、図 6 に示したように、格子と同じ大きさの光学素子を用い、それらが隣り合うときは接するようにしても、前記実施例 3 と同様の効果を奏するものである。

【0058】実施例 6. ところで、上記実施例 5 のように、光学素子の大きさを、仮想的に形成する格子と同じにした場合、上述したように、隣り合う格子点に配置さ

れる光学素子は、接した状態となる。例えば、図6において、光学素子3f-8, 3f-9はそれぞれ光学素子3g-4に隣接し、これら3個の光学素子を1つの光学素子とみなすこともできる。図7は、この実施例6における平坦基板およびその上に配置された光学素子の構成を示す平面図である。

【0059】同図において、同一の符号は図7と同様である。ここで、符号3iは図6における光学素子3fと光学素子3gとを1つの光学素子とした光学素子である。光学素子3iは、平坦基板2平面に対して垂直な状態と平行な状態とに光信号の進路を変更する機能の立方体形状の光学素子と、平坦基板2平面に対して平行な平面上で、光信号を分岐する機能の立方体形状の光学素子とを組み合わせたものである。

【0060】このような、立方体形状の光学素子を組み合わせた状態の1つの光学素子を用意することで、図6に示したように光信号を伝搬する構成を、より少ない部品数の光学素子で構成することができる。例えば、図6の構成では、光学素子を14個用いているが、図7の構成では、8個ですむ。これにより、部品の種類は増えるが、同じ構成を持つ素子の固まりをあらかじめ精度よく作製でき、これら光学素子と平坦基板との接着工程を簡略化することができる。そして、図6に示したように、光接続のための平坦基板の光学素子レイアウトが、一種類のユニット部品を多くの箇所で使えるようなレイアウトである場合は特に、製造コストの面で有利になる可能性が高い。

【0061】図8は、上述した立方体形状の光学素子を複数つなぎ合わせることで、1つの光学素子とした、光学素子ユニットの他の例を示す平面図である。図8(a)は、平行に隣り合う格子線上の異なる方向に光信号を分岐する光学素子である。図8(b)は、平行に隣り合う格子線上の同一方向に、光信号の進路を変更する光学素子である。図8(c)は、平行に隣り合う格子線上の異なる4方向に光信号を分岐する光学素子である。そして、図8(d)は、入射した光信号を分岐して、その進路の両隣とそのひとつ先の両隣の平行な格子線上に、それぞれ対向する方向へその光信号の進路を変更する光学素子である。

#### 【0062】

【発明の効果】以上説明したように、この発明によれば、互いに直交する3つの面とそれらいずれかの面に平行な面とからずくなくとも構成され、加えてその平行に向かい合う2つの面に直交し、他の面とは所定の角度に設定された反射面を有する透明体からなる反射光学素子を平坦基板上に配置することで、集積回路間を光接続するようにした。また、加えて、互いに直交する3つの面とそれらいずれかの面に平行な面とからずくなくとも構成され、加えてその平行に向かい合う2つの面に直交し、他の面とは所定の角度に設定された半反射面を有す

る透明体からなる分岐光学素子も、平坦基板上に配置することで、集積回路間を光接続するようにした。

【0063】このため、平坦基板上では、この平坦面に平行に光信号は伝搬されるので、光接続する集積回路間が長距離であっても、集積回路基板と平坦基板との間隔を拡げる必要がなく、実装寸法が大きくならないという効果がある。平坦基板上に配置する反射光学素子、分岐光学素子としては、プリズムやミラー、ハーフミラー等で構成でき、ホログラムのような回折素子を用いないので、光の伝搬損失が少なく、信号伝達の効率が高い。また、各光学素子の種類を限定し、また、形や大きさを規格化するようにした。そして、平坦基板上に仮想的な格子を設定し、格子点上にのみ光学素子を設置するようにした。これらのため、光伝送経路の最適化も単純にでき、製造コスト、開発コストを安くできるという効果もある。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】 この発明の1実施例における光接続集積回路の構成を示す断面図である。

【図2】 図1の平坦基板2およびその上に配置された光学素子3a-1～3a-3、および光学素子3b'-1, 3b'-2, 3b'-3の構成を示す平面図である。

【図3】 この発明の第2の実施例における平坦基板およびその上に配置された光学素子の構成を示す平面図である。

【図4】 その3角柱形状の光学素子を用いた、この発明の第3の実施例における平坦基板およびその上に配置された光学素子の構成を示す平面図および断面図である。

【図5】 この発明の実施例4における光学素子の形状を示す斜視図である。

【図6】 この発明の実施例5における平坦基板およびその上に配置された光学素子の構成を示す平面図である。

【図7】 この発明の実施例6における平坦基板およびその上に配置された光学素子の構成を示す平面図である。

【図8】 立方体形状の光学素子を複数つなぎ合わせることで、1つの光学素子とした、光学素子ユニットの例を示す平面図である。

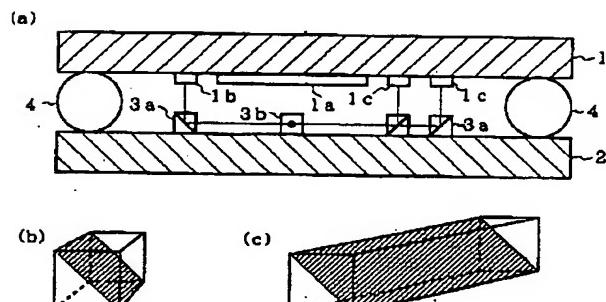
【図9】 従来の光を用いたチップ間相互接続の構成を示す斜視図である。

【図10】 従来の光を用いたチップ間相互接続の構成を示す断面図である。

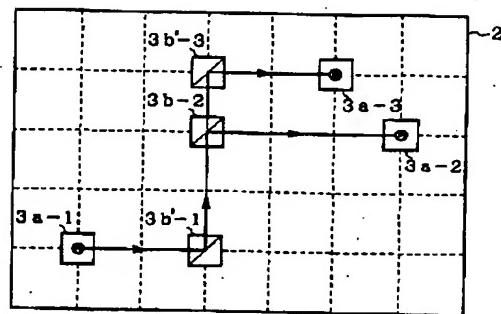
#### 【符号の説明】

1…集積回路基板、1a…集積回路チップ、1b…レーザーダイオード(LD)、1c…フォトダイオード(PD)、2…平坦基板、3a, 3b…光学素子、4…ハンダバンプ。

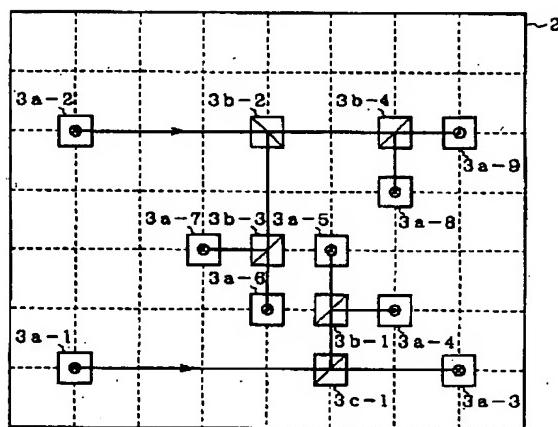
【図1】



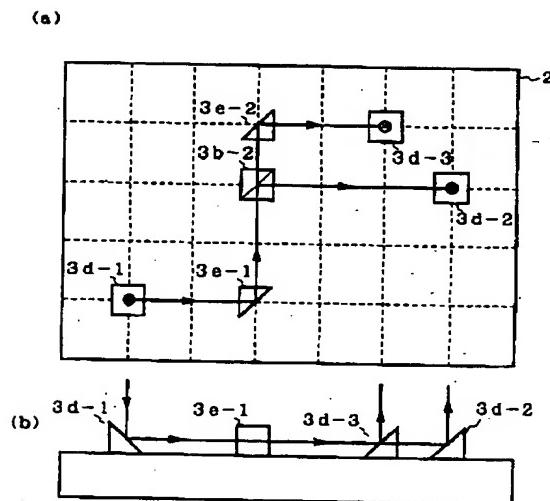
【図2】



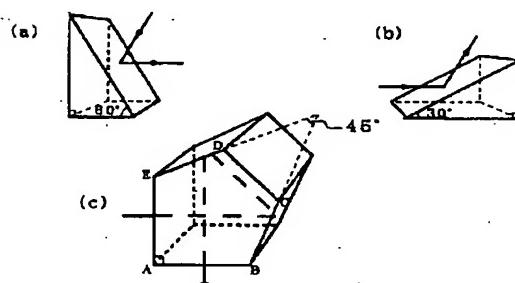
【図3】



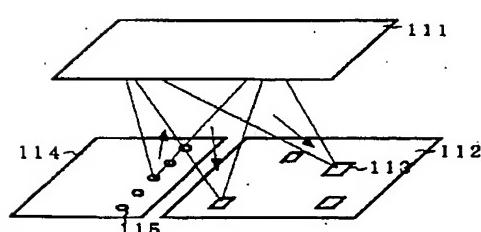
【図4】



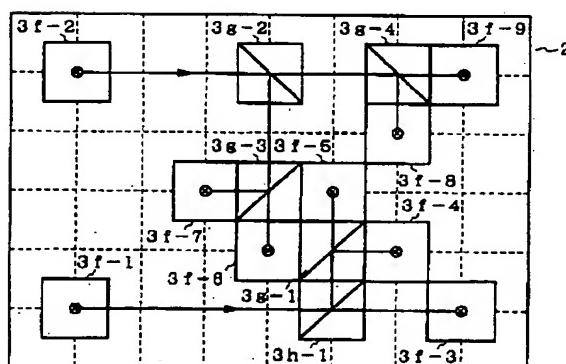
【図5】



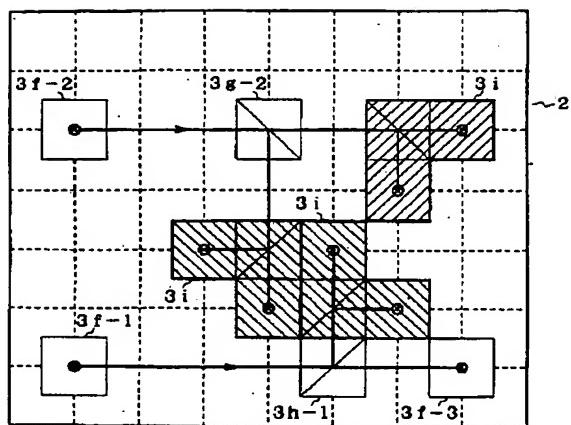
【図9】



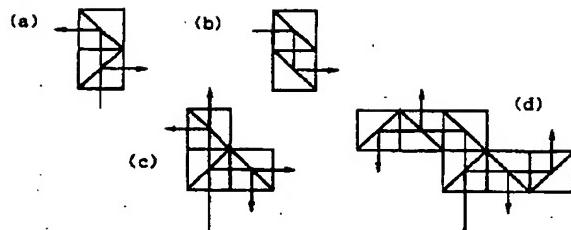
【図6】



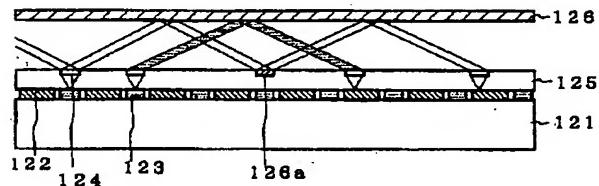
【図7】



【図8】



【図10】



フロントページの続き

(72)発明者 久良木 優  
東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日  
本電信電話株式会社内

(72)発明者 町田 克之  
東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日  
本電信電話株式会社内